

Etudes expérimentales préliminaires de la voix chuchotée : pression sous-glottique et étude posturale ¹

Preliminary experimental studies of whispered voice: subglottal pressure and postural aspects

Lagier A. ²
Vaugoyeau M. ³
Legou T. ⁴
Ghio A. ⁴
Amy de la Bretèque B. ²
Assaïante Ch. ³
Giovanni A. ^{2/4}
(Marseille)

Résumé

Objectifs : cette étude propose de décrire les aspects énergétiques de la voix chuchotée, en la mettant en relation avec les éléments qui caractérisent l'effort vocal. L'hypothèse de travail est qu'il existe des similitudes entre la voix chuchotée, en particulier la voix chuchotée forte et l'effort vocal. **Méthodes :** Deux expérimentations sont combinées pour répondre à l'hypothèse de travail. L'une, centrée sur le niveau laryngé, étudiait l'électroglottographie et la pression sous-glottique réelle (expérience 1) ; l'autre analysait les modifications posturales associées à la voix chuchotée (expérience 2). **Résultats :** dans les deux expériences, aucune onde électroglottographique n'a été mise en évidence au cours de la production de voix chuchotée. L'intensité de la voix chuchotée était plus faible que celle de la voix parlée ($p < 0.0001$). Dans l'expérience 1, la pression sous-glottique était significativement supérieure en voix chuchotée forcée que dans les autres productions ($p < 0.0001$). Dans l'expérience 2, les mouvements du tronc dans le plan sagittal (flexion vers l'avant) étaient significativement plus importants au cours de la production de voix chuchotée qu'au cours de la voix parlée ($p < 0.001$). **Conclusion :** la voix chuchotée dite forcée présente de nombreuses similitudes avec l'effort vocal, à l'inverse de la voix chuchotée «silencieuse».

Mots-clés : Voix chuchotée, effort vocal, repos vocal.

Summary

Objectives: Whispered voice is investigated from the energetic point of view. Our hypothesis is that whispered voice, and mainly the forced whispers are very similar to vocal effort, for non acoustic vocal parameters, and body movements. **Design:** Two experiments are combined. The first experiment focused on the laryngeal aspects, mainly the subglottal pressure, and also the electroglottography. The second experiment analyzed the body movement associated with loud whispered voice. **Results:** No electroglottographic wave was observed during the two experiments. The vocal intensity was always lower during whispered voice than during comfortable voice ($p < 0.001$). In experiment 1, subglottal pressure was significantly higher during forced whisper than during the other conditions ($p < 0.001$). The amplitude of the trunk movements in the sagittal plane were greater during loud whisper than during comfortable voice ($p < 0.001$). **Conclusion:** Whispered voice can be close to vocal loading, especially the loud whispered voice.

Key-words: Whispered voice, vocal loading, vocal rest.

INTRODUCTION

La réduction de l'usage de la voix fait souvent partie du traitement initial des dysphonies. La question du recours à la voix chuchotée pendant les périodes de repos vocal est encore controversée.

Une meilleure connaissance des caractéristiques de cette production vocale semble nécessaire, en particulier afin de préciser les modalités du repos vocal.

La voix chuchotée est caractérisée par l'absence de vibration des cordes vocales. Elle est aisément distinguée perceptivement des autres qualités de voix telles que la voix «soufflée» ou la voix «douce». La voix chuchotée est un bruit aperiodique lié aux turbulences laryngées créées par le flux rapide de l'air à travers les constriction du tractus vocal [1]. La littérature décrit deux types de voix chuchotée : la voix chuchotée silencieuse et la voix chuchotée forte [2]. La voix chuchotée silencieuse est définie comme celle employée «lorsqu'on parle à l'oreille de son voisin» à voix basse et confortable, au contraire de la voix chuchotée forte qui cherche à être entendue et comprise à distance, et qui a une intensité sonore relativement élevée.

Notre hypothèse de travail était que la voix chuchotée, et plus précisément la voix chuchotée forte, est

1. Communication présentée lors du LXV Congrès annuel de la Société Française de Phoniatrie et des Pathologies de la Communication, Paris, 06/10/09.
2. CHU Timone, Service d'ORL, 264 rue Saint-Pierre, 13385 Marseille, Cedex 5, France.
Email: aude.lagier@laposte.net
3. Pôle 3C, CNRS Marseille St Charles.
4. Laboratoire parole et langage, CNRS Aix en Provence.

Article reçu : 02/25/09

accepté : 04/10/09

très similaire à l'effort vocal, en ce qui concerne les paramètres non acoustiques de la voix. Cette étude combine deux expériences dans le but de mieux comprendre la voix chuchotée du point de vue de l'énergie nécessaire à sa production. La première expérience s'est concentrée sur les aspects laryngés, et principalement sur la mesure de la pression sous-glottique et sur l'électroglottographie. La deuxième expérience analysait les mouvements du corps associés à la production de la voix chuchotée forte.

MATERIELS ET METHODES

Expérience 1

Deux sujets sains masculins faisant partie des auteurs ont participé à cette première expérience. Leurs âges respectifs étaient 52 et 54 ans.

La tâche consistait en la répétition de trains de 5 syllabes /pa/, /pi/ ou /pu/, en une expiration, en voix parlée confortable, voix chuchotée silencieuse, et voix chuchotée forte. Les sujets étaient en position assise au cours des enregistrements.

Les paramètres vocaux objectifs étaient collectés par la station EVA® (SQLab-LPL, Aix en Provence, France), qui enregistre simultanément plusieurs signaux acoustiques, aérodynamiques et électrophysiologiques. Le microphone était placé à 30 cm de la bouche des sujets. La pression sous-glottique réelle était mesurée par l'intermédiaire d'un cathéter de 1.3 mm de diamètre placé dans l'espace crico-trachéal. Le cathéter était relié au capteur de pression de la station EVA®. Le signal électroglottographique était enregistré grâce à un laryngographe (Laryngograph®) portable connecté également à la station EVA®. Le logiciel Sésane® (SQLab, Aix en Provence, France) a été utilisé pour acquérir, traiter et analyser les données aérodynamiques et électroglottographiques.

L'analyse statistique comportait un test d'ANOVA pour mesures répétées. Le seuil de significativité était de $p = 0.05$.

Expérience 2

Vingt jeunes femmes, indemnes de pathologie vocale, ont participé à cette étude (âge moyen : 27). Elles devaient communiquer un texte court (des nombres) de façon à être comprises par un auditeur situé à 10 mètres de distance. Elles employaient soit une voix parlée, soit une voix chuchotée. L'électroglottographie était enregistrée avec le matériel précédemment décrit. La voix était enregistrée avec un micro-casque situé à 6 cm du coin des lèvres. Les données cinématiques étaient collectées à l'aide du système SMART d'analyse automatique du mouvement [3]. Ce système d'acquisition est un système optoélectrique passif, dont le principe est basé sur la reconnaissance de marqueurs réfléchissants placés sur des repères anatomiques du sujet. L'enregistrement était réalisé par 6 caméras émettant des flashes infra-rouges qui sont réfléchis par les marqueurs. Ce système permet un

traitement ultérieur des images dans les trois dimensions de l'espace. La fréquence d'acquisition est de 120 Hz. Ce système permet de calculer les déplacements linéaires et angulaires des segments définis par les marqueurs toutes les 8.33 ms. La précision de mesure est de 1/1500^{ème} du champ, soit une précision au millimètre près. La précision angulaire dépend de la longueur du segment analysé. Les paramètres étudiés ont été l'amplitude des angles formés respectivement par le tronc et la tête avec un axe vertical, dans le plan sagittal. Le système de synchronisation des acquisitions a été décrit dans une étude antérieure [4].

L'analyse statistique reposait sur le test de Wilcoxon pour échantillons appariés. Le seuil de significativité était $p = 0.05$.

RESULTATS

Expérience 1

La figure 1 résume des résultats concernant les paramètres vocaux pour les deux sujets lors de la production de la voix parlée confortable, et des voix chuchotées silencieuse et forte. L'intensité vocale et la pression sous-glottique étaient significativement différentes en fonction du type de voix ($p < 0.001$). Aucun cycle glottique n'a été observé en voix chuchotée sur l'électroglottographie.

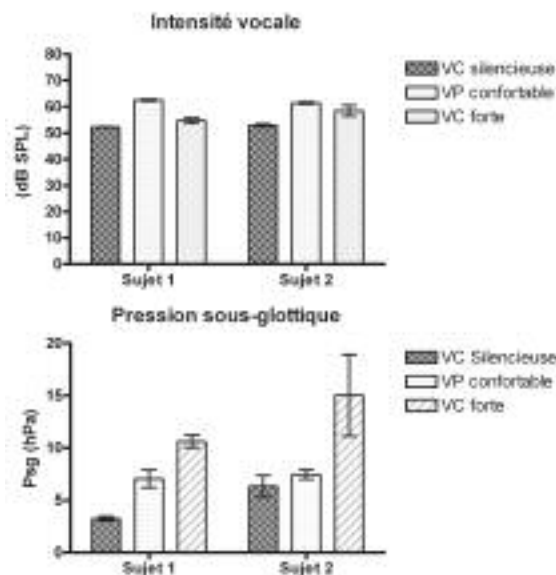


Figure 1 : Expérience 1. Intensité vocale et pression sous-glottique réelle. VC : voix chuchotée, VP : voix parlée.

Expérience 2

La figure 2 représente les résultats concernant les paramètres vocaux des 20 sujets. L'intensité vocale était significativement moindre au cours de la voix chuchotée forte qu'au cours de la voix parlée confortable ($p < 0.001$). La durée des énoncés était significativement allongée ($p < 0.001$). Aucun cycle glottique n'était observé en électroglottographie.

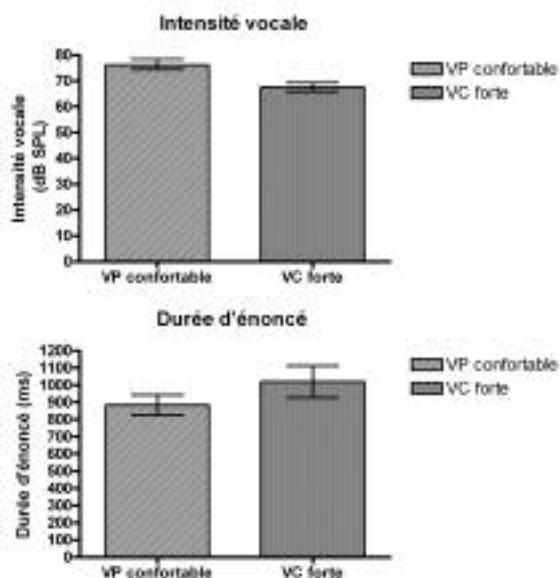


Figure 2 : Expérience 2 : Intensité vocale et durée d'énoncé.

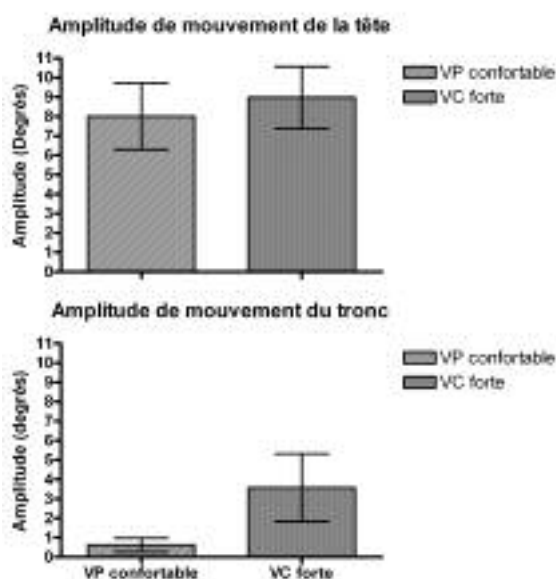


Figure 3 : Expérience 2 : Amplitude de mouvement de la tête et du tronc dans le plan sagittal.

La figure 3 présente les paramètres cinématiques. Le mouvement du tronc consistait en une flexion vers l'avant et était significativement plus ample au cours de la voix chuchotée qu'en voix parlée ($p < 0.001$). Le mouvement de la tête, une rotation vers l'arrière, n'était pas significativement différent entre les deux conditions.

DISCUSSION

Les deux expériences confirmaient que la voix chuchotée forte partage plusieurs caractéristiques avec l'effort vocal. Ce résultat est particulièrement intéressant en termes d'application au repos vocal après une phonochirurgie.

Monson et al 1984 [2] avaient montré que la voix chuchotée n'est pas une production vocale homogène mais qu'il existe au moins deux types de chuchotements, non seulement d'un point de vue aérodynamique mais également sur le plan de la configuration du larynx. En réalité, la voix chuchotée correspondrait à un continuum d'effort vocal avec la voix chuchotée silencieuse à une extrémité et la voix chuchotée forte à l'autre extrémité de l'échelle [1]. Nos résultats sont en accord avec cette vision et précisent les points communs entre l'effort vocal du sujet et la voix chuchotée forte.

Le contact entre les cordes vocales

Cette question du contact entre les plis vocaux est fondamentale afin de déterminer si la voix chuchotée peut être responsable ou non de lésions laryngées. Un contact des plis vocaux sur la ligne médiane a été décrit précédemment par plusieurs auteurs en laryngoscopie indirecte [1, 2, 5]. La longueur de la corde vocale impliquée dans la compression est variable, tout en conservant un espace postérieur permettant le passage de l'air sans produire de vibration vocale. La glotte prend classiquement une forme en Y ou en V inversés. Une étude en IRM fonctionnelle au cours de la production du chuchotement ne retrouvait pas ce contact entre les cordes vocales [6]. Les données électroglottographiques recueillies au cours des deux expériences ne retrouvaient pas de cycle glottique, et les quelques variations de l'impédance laryngée ne peuvent être attribuées à une compression médiale des plis vocaux pendant toute la durée de l'énoncé. L'explication la plus probable de ces incohérences est que les plis vocaux, sans entrer en contact à proprement parler, se rapprocheraient jusqu'à ne laisser qu'un espace microscopique entre eux. Toutefois, une limitation de notre étude est l'absence de laryngoscopie et des études complémentaires seront nécessaires. Elles permettront également d'observer la configuration sus-glottique décrit de façon inhomogène dans la littérature [1,5,6] et en particulier de comparer le niveau de constriction supra-glottique avec la classification de Koufman [7].

Similarités entre la voix chuchotée et l'effort vocal

La voix chuchotée et l'effort vocal partagent de nombreuses caractéristiques, impliquant le niveau laryngé mais aussi des niveaux plus comportementaux comme la posture du corps.

L'allongement de la durée des énoncés en voix chuchotée a été retrouvé dans notre expérience 2. Il s'agit également d'une caractéristique de l'effort vocal [8]. L'augmentation de durée des consonnes avait été décrite précédemment [9, 10], alors que l'effort vocal est caractérisé par un allongement de la durée des voyelles et un raccourcissement des consonnes [11]. L'allongement de durée des consonnes en voix chuchotée s'explique par la nécessité d'une plus grande précision dans leur articulation afin de maintenir leur intelligibilité malgré l'absence de contraste entre les consonnes voisées et non voisées. Ainsi, l'intelligibilité est conservée en voix chuchotée [12].

Du point de vue aérodynamique, les études s'accordaient sur une augmentation du débit d'air glottique pendant le chuchotement [1, 2]. L'effet sur la pression sous-glottique était équivoque : certaines études faisaient état d'une augmentation de la pression sous-glottique [13], et d'autres mentionnaient une diminution de ce paramètre [14]. Notre étude explique probablement ces résultats apparemment discordants: les études précédentes dans ce domaine ne tenaient pas compte des différences entre les deux types de voix chuchotée. La voix chuchotée silencieuse implique de plus faibles niveaux de pression que la voix parlée confortable, et la voix chuchotée forte implique des niveaux plus élevés. Il s'agit d'un nouvel argument pour considérer la voix chuchotée forte comme une forme d'effort vocal.

Les caractéristiques posturales de la voix chuchotée n'avaient pas été explorées auparavant à notre connaissance. Une étude précédente de notre équipe mettait en évidence des modifications posturales contemporaines de l'effort vocal : une inclinaison vers l'avant du tronc et un mouvement d'extension vers l'arrière de la tête [4]. Le mouvement associé au chuchotement suit le même schéma. L'amplitude de mouvement du tronc, qui apparaissait l'élément le plus spécifique de l'effort vocal dans l'étude précédente, est significativement plus importante en voix chuchotée forte qu'en voix parlée confortable.

Voix chuchotée et repos vocal

Le repos vocal est une recommandation habituelle après une intervention de phonochirurgie [15]; mais il persiste des controverses sur le degré de repos et sa durée [16]. Le repos vocal est souvent frustrant pour les patients, et la plupart essaient de murmurer ou de chuchoter. L'indication du repos vocal est basée sur la supposition qu'il permettrait d'éviter le microtraumatisme pendant la cicatrisation muqueuse et ainsi préviendrait les adhérences muqueuses et les cicatrices fibreuses. De ce point de vue, la voix chuchotée pourrait être délétère s'il existe un contact entre les cordes vocales. Ce contact étant inconstant selon les patients, il serait alors possible de sélectionner les patients qui ne présentent pas ce contact et de leur enseigner la production de la voix chuchotée silencieuse. Mais malgré ces précautions, les patients utilisent la voix chuchotée dans le but de communiquer et ils risquent de basculer en voix chuchotée forte à tout moment, prenant le risque d'adopter puis de

pérenniser un comportement d'effort vocal après la période de cicatrisation, conduisant à un mauvais résultat vocal. Pour ces raisons, il ne semble pas prudent d'autoriser la voix chuchotée en période de repos vocal post-opératoire.

Bibliographie

1. SOLOMON NP, MCCALL GN, TROSSET MW, GRAY WC. Laryngeal configuration and constriction during two types of whispering. *J SPEECH HEAR RES.* 1989;32,1:161-174.
2. MONOSON P, ZEMLIN WR. Quantitative study of whisper. *FOLIA PHONIATR* 1984;36,2:53-65.
3. FERRIGNO G, PEDOTTI A. ELITE: A digital dedicated hardware system for movement analysis via real-time TV signal processing. *IEEE TRANS BIOMED ENG.* 1985 Nov;32(11):943-50.
4. LAGIER A, VAUGOYEAU M, BOUCHE C, GHIO A, LEGOU T, ASSAIANTE C, GIOVANNI A. Etude posturale de sujets normaux en situation expérimentale d'effort vocal. *REV LARYNGOL OTOL RHINO (BORD).* 2009;130,1:11-6.
5. RUBIN AD, PRANEETVATAKUL V, GHERSON S, MOYER CA, SATALOFF RT. Laryngeal hyperfunction during whispering: reality or myth? *J VOICE.* 2006 MAR;20(1):121-7.
6. TSUNODA K, OHTA Y, SODA Y, NIIMI S, HIROSE H. Laryngeal adjustment in whispering magnetic resonance imaging study. *ANN OTOL RHINOL LARYNGOL.* 1997 Jan;106(1):41-3.
7. KOUFMAN JA, BLALOCK PD. Functional voice disorders. *OTOLARYNGOL CLIN NORTH AM.* 1991 Oct;24(5):1059-73.
8. SUMMERS WV, PISONI DB, BERNACKI RH, PEDLOW RI, STOKES MA. Effects of noise on speech production: Acoustic and perceptual analyses. *J ACOUST SOC AM.* 1988;84,3:917-928.
9. JOVICIĆ ST, SARIĆ Z. Acoustic analysis of consonants in whispered speech. *J VOICE.* 2008 May;22(3):263-74.
10. PARNELL M, AMERMAN JD, WELLS GB. Closure and constriction duration for alveolar consonants during voiced and whispered speaking conditions. *J ACOUST SOC AM.* 1977;61,2:612-613.
11. SCHULMAN R. Articulatory dynamics of loud and normal speech. *J ACOUST SOC AM.* 1989;85,1:295-312.
12. TARTTER VC. What's in a whisper? *J ACOUST SOC AM.* 1989;86,5:1678-1683.
13. KLICH RJ. Effects of speech level and vowel context on intraoral air pressure in vocal and whispered speech. *FOLIA PHONIATR.* 1982; 34,1:33-40.
14. STATHOPOULOS ET, HOIT JD, HIXON TJ, WATSON PJ, SOLOMON NP. Respiratory and laryngeal function during whispering. *J SPEECH HEAR RES.* 1991;34,4:761-767.
15. COULOMBEAU B, PEROUSE R, BOUCHAYER M, CORNUT G. Principes de la prise en charge et du suivi post-opératoire en phono-chirurgie. *REV LARYNGOL OTOL RHINOL (BORD).* 2002;123,5: 325-328.
16. COULOMBEAU B, PEROUSE R, BOUCHAYER M, CORNUT G. Principes de la prise en charge et du suivi post-opératoire en phono-chirurgie. *REV LARYNGOL OTOL RHINOL (BORD).* 2002;123,5: 325-328.